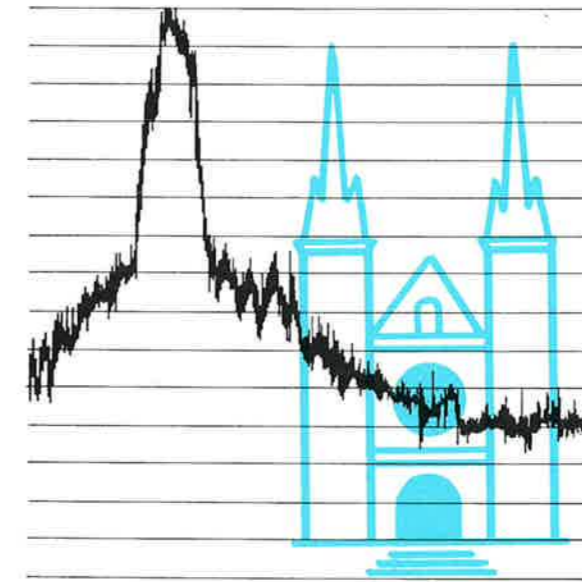


Directoraat-Generaal  
Milieubeheer

GF-HR-01-05

Handleiding ter  
berekening van de  
geluidverzwakking in  
woonwijken in het  
kader van de sanering  
industrielawaai



Onderzoekprogramma  
geluidhinder

## Beleidsontwikkeling



Productie en distributie:  
Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,  
Centrale Directie Voorlichting en  
Externe Betrekkingen,  
Van Alkemadeaan 85,  
2597 AC 's-Gravenhage

VROM 90267/9-89  
5539/104

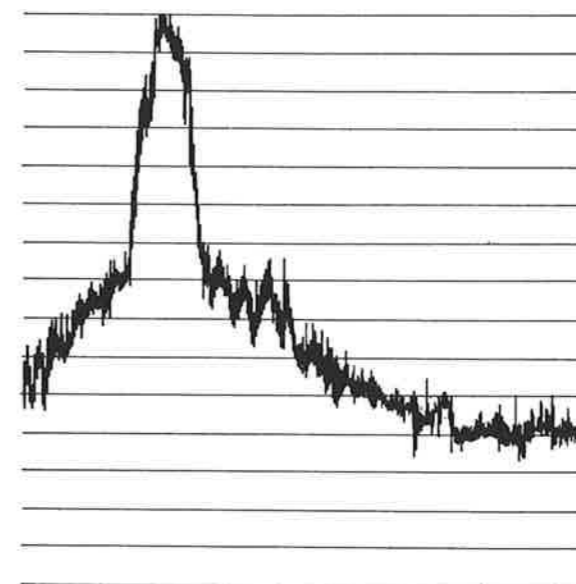
ISBN 90 346 1951 6



Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

GF-HR-01-05

Handleiding ter  
berekening van de  
geluidverzwakking in  
woonwijken in het  
kader van de sanering  
industrielawaai  
– ten behoeve van de  
vaststelling van het  
gewogen aantal  
saneringswoningen  
als bedoeld in de  
"Leidraad Sanering  
Industrielawaai"



Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

OG

Onderzoekprogramma  
geluidhinder

## Documentbeschrijving

<b>1 Rapport nr.</b> GF-HR-01-05	<b>6 ISBN nummer</b> 90 346 1951 6	
<b>2 Titel rapport</b> Handleiding ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai (ten behoeve van de vaststelling van het gewogen aantal saneringswoningen als bedoeld in de leidraad sanering industrielawaai	<b>7 Distributienummer</b> 90267/5-89	
<b>3 Schrijver(s)/redacteur(s)</b> Ir. A. Moerkerken	<b>8 Datum publicatie</b> Mei 1989	
<b>4 Uitvoerend instituut (naam, adres)</b> Deze handleiding is gebaseerd op adviezen van M+P Raadgevende Ingenieurs b.v.	<b>9 Rapport type en periode</b> Hoofdrapport	
<b>5 Opdrachtgever(s)</b> Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer	<b>10 Titel onderzoekproject</b> Geluidsverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai	
<b>11 Samenvatting</b> In deze handleiding wordt een methode gepresenteerd ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai. Deze rekenmethode is gebaseerd op een onderzoek dat is gerapporteerd in de publicatie GF-HR-01-03 (1988) en vormt een aanvulling op de Handleiding meten en rekenen industrielawaai (IL-HR-13-01), zij het met een specifieke toepassing.  De toepassing van de rekenmethode beperkt zich namelijk tot het vaststellen van het "gewogen aantal saneringswoningen" als bedoeld in de leidraad sanering industrielawaai. Deze toepassingsbeperking hangt samen met de omstandigheid dat de methode de gemiddelde geluidverzwakking in de woonwijk berekent in plaats van de geluidverzwakking ten aanzien van individuele woningen.		
<b>12 Begeleidingscommissie</b> dr. ing. A. von Meier (M+P) dr. G.J. van Blokland (M+P) ir. H.E.A. Brackenhoff (TPD) ir. P.M. Buis (L&B) ing. A.G.M. Middendorp (gem. Eindhoven) ing. H. Wolfert (prov. Z-Holland) ing. M.G.M. van Schaik (VROM) ing. M.J. Tennekes (VROM) ing. E.J.L. Niehoff (VROM) ir. A. Moerkerken	<b>13 Bijbehorende rapporten</b> GF-HR-01-03	
	<b>14 Aantal blz.</b> 44	<b>15 Prijs*</b> f 10,-
Rapporten uit de reeksen van het Onderzoekprogramma Geluidhinder zijn schriftelijk te bestellen bij Staatsuitgeverij/DOP, Postbus 20014, 2500 EA 's-Gravenhage, onder vermelding van bestelnummer of ISBN en een duidelijk afleveringsadres.		

\* prijswijziging voorbehouden

## VOORWOORD

In deze handleiding wordt een methode gepresenteerd ter berekening van de gemiddelde geluidsverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai.

Deze rekenmethode vormt een aanvulling op de Handleiding meten en rekenen industrielawaai (ICG-publicatie IL-HR-13-01, d.d. maart 1981), gericht op een specifieke toepassing, te weten het vaststellen van het "gewogen aantal saneringswoningen" als bedoeld in de Leidraad sanering industrielawaai (publicatie 18 uit de reeks Milieubeheer, Ministerie VROM, 1986).

Het gewogen aantal saneringswoningen is van belang voor de bepaling van de maximale kosten van de op het industrieterrein te treffen saneringsmaatregelen. Hierbij dient de geluidafschermende werking van de woonwijk in acht te worden genomen.

De onderhavige handleiding omvat alleen een rekenmethode. Het toepassen van een meetmethode is in principe mogelijk maar wordt afgeraden om redenen van nauwkeurigheid (zie ook publicatie GF-HR-01-03): stoorgeluid kan van invloed zijn; de bedrijfssituatie is vaak niet representatief; een groot aantal metingen is vereist met een representatieve verdeling van meetposities.

De onderhavige rekenmethode is gebaseerd op vele geluidmetingen in verschillende situaties, waardoor ze als een nauwkeurige methode kan worden beschouwd (zie VROM-publicatie GF-HR-01-03; 1988). Ze is alleen toepasbaar ter vaststelling van het gewogen aantal saneringswoningen en dus niet ter vaststelling van de geluidsbelasting van nieuwbouwplannen.

De Directeur Geluid

Mr. J. Tesink

## I N H O U D

1. INLEIDING . . . . .	2
2. DE TE BEPALEN GROOTHEID . . . . .	4
3. WERKWIJZE . . . . .	5
4. BESCHRIJVING VAN DE METHODE . . . . .	6
4.1 Bepaling poldercontouren . . . . .	6
4.2 Keuze kaartmateriaal . . . . .	6
4.3 Controle toepassingsbereik . . . . .	7
4.4 Afbakening woonwijk . . . . .	9
4.5 Bepaling karakteristieke lengte L . . . . .	9
4.6 Berekening $D_{huis}$ . . . . .	14
4.7 Apart te behandelen woningen . . . . .	17
4.8 Bepaling gewogen aantal saneringswoningen . . . . .	20
5. VOORBEELDEN . . . . .	21
5.1 Voorbeeld A . . . . .	21
5.2 Voorbeeld B . . . . .	25
5.3 Voorbeeld C . . . . .	31
REFERENTIES . . . . .	35

## 1. INLEIDING

In het kader van de zonering industrielawaai worden geluidbelastingen rond industrieterreinen vastgesteld. Indien hierbij blijkt dat er woningen zijn met een geluidbelasting hoger dan 55 dB(A), dan is de saneringsregeling van toepassing (zie [1]). Per industrieterrein wordt dan het "gewogen aantal saneringswoningen" vastgesteld. Dat wil zeggen het aantal woningen met een geluidbelasting hoger dan 55 dB(A), waarbij woningen tussen 60 en 65 dB(A) drie keer worden geteld en woningen boven 65 dB(A) negen keer. Aan de hand van dit gewogen aantal saneringswoningen wordt bepaald wat de maximale saneringskosten zijn (zie [1]).

In woonwijken worden de geluidbelastingen beïnvloed door een extra geluidverzwakking als gevolg van de aanwezige bebouwing. Het gewogen aantal saneringswoningen kan hierdoor aanzienlijk kleiner zijn dan is bepaald op grond van de poldercontouren (dit wil zeggen de geluidcontouren die betrekking hebben op 5 m hoogte boven absorberende bodem zonder bebouwing). Deze extra verzwakking moet worden vastgesteld alvorens het gewogen aantal saneringswoningen kan worden bepaald.

De berekening van deze verzwakking in woonwijken op basis van de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai [2] is niet goed mogelijk vanwege de complexiteit van de geluidoverdracht in woonwijken. Dit hangt samen met de omstandigheid dat [2] meer gericht is op de bepaling van de geluidbelasting van een woning in plaats van de gemiddelde geluidbelasting over een groep woningen.

Gezien de beperking van [2] en de overweging dat het voor de bepaling van het gewogen aantal saneringswoningen niet nodig is de geluidssituatie per woning in kaart te brengen, is in de onderhavige handleiding gekozen voor een rekenmethode waarmee de gemiddelde verzwakking in een woonwijk wordt vastgesteld. De variaties in de geluidverzwakking van woning tot woning, hoe groot deze soms ook kunnen zijn, worden verdisconteerd in de klassenindeling.

Deze rekenmethode is gebaseerd op een groot aantal geluidmetingen in uiteenlopende situaties [3]. De werkwijze kan kortweg als volgt worden aangeduid.

Op alle woningen in de betreffende wijk is een gemiddelde geluidverzwakkingsterm  $D_{huis}$  van toepassing.  $D_{huis}$  volgt uit de bebouwing geometrie van de wijk, uitgedrukt in de "karakteristieke lengte"  $L$  van de wijk. Voor de bepaling van  $L$  wordt een praktische methode aangereikt.

Deze aanpak is evenwel niet van toepassing op woningen met een bijzondere ligging. Hierbij moet vooral worden gedacht aan woningen, die een directe geluidaanstraling vanuit de bron ondervinden, zoals woningen met vrij zicht op het industrieterrein (eerste bebouwingrij, woonlagen van flats, die over de woonwijk heen kijken, en dergelijke). Op deze woningen is niet de voornoemde gemiddelde waarde  $D_{huis}$  van toepassing, maar een individuele waarde ( $D_{huis} = 0$ ).

De methode is eenvoudig toepasbaar, op basis van kaartmateriaal aangevuld met visuele inspectie ter plaatse. Een juiste toepassing van de onderhavige aanleiding vereist evenwel akoestische deskundigheid alsmede kennis van de referenties [1], [2] en [3].

Benadrukt wordt dat het toepassingsgebied van deze handleiding zich beperkt tot de bepaling van het gewogen aantal saneringswoningen in het kader van de sanering. De methode is ongeschikt voor de bepaling van de geluidbelasting van nieuwbouwplannen, waarbij de gevelbelasting van een individuele woning wel een rol speelt.

De handleiding is als volgt opgebouwd. Eerst wordt de te bepalen grootte gedefinieerd. Dan wordt de werkwijze weergegeven in een stappenschema. Vervolgens worden de verschillende stappen behandeld. Tenslotte worden drie voorbeelden uitgewerkt.

## 2. DE TE BEPALEN GROOTHEID

Afgezien van de voornoemde woningen met bijzondere ligging, worden alle woningen van de wijk met één gemiddelde geluidverzwakking gerepresenteerd. Deze gemiddelde verzwakking  $D_{huis}$  is gedefinieerd als het (rekenkundig) gemiddelde van de individuele verzwakkingen voor alle woningen in de wijk. Hierbij is deze individuele verzwakking gedefinieerd als het verschil tussen de geluidbelasting van de woning in de wijk op 3 m beneden de gemiddelde nokhoogte van de wijk, en de geluidbelasting op dezelfde plaats onder de veronderstelling dat de woonwijk afwezig is en het beoordelingspunt zich bevindt op 5 m boven een absorberende bodem, met andere woorden: niveau in de wijk (op 3 m beneden de nok) minus polderniveau (op 5 m hoogte).

Overeenkomstig [2] wordt in de geluidbelasting de bijdrage van directe reflecties via de gevel van de betreffende woning niet meegenomen; met andere woorden: alleen het op de gevel invallende geluid is van belang.

## 3. WERKWIJZE

De werkwijze is samengevat in het onderstaande stappenschema

zie bladzijde:

1. bepaling poldercontouren	6
2. keuze kaartmateriaal	6
3. controle toepassingsbereik	7
4. afbakening woonwijk	9
5. bepaling karakteristieke lengte	9
6. berekening $D_{huis}$	14
7. apart te behandelen woningen	17
8. bepaling gewogen aantal saneringswoningen	20

Deze stappen worden toegelicht in onderdeel 4. In het schema is per stap een verwijzing gegeven naar de betreffende bladzijde.

#### 4. BESCHRIJVING VAN DE METHODE

##### 4.1 Bepaling poldercontouren

Uitgangspunt is dat in het voorafgaande zoneringsonderzoek de akoestische situatie rond het industrieterrein is vastgesteld en dat daarbij de poldercontouren bekend zijn. Indien de poldercontouren zijn vastgesteld voor een andere dan absorberende bodem, kan hiervoor worden gecorrigeerd zoals aangegeven in onderstaande tabel I.

Tabel I: correctie k op de geluidbelasting indien deze is bepaald boven niet-absorberende bodem (dit wil zeggen de bodemfactor B is kleiner dan 1);  $k = 1 - B$

bodemfactor B	correctie k [dB]
1	0
0.6	0.4
0.3	0.7
0	1

De geluidbelasting boven absorberende bodem wordt gevonden door k af te trekken van de geluidbelasting boven de niet-absorberende bodem.

Voor de bepaling van polderniveaus in beoordelingspunten, die gelegen zijn tussen de poldercontouren kan een berekening op basis van lineaire interpolatie doorgaans als voldoende nauwkeurig worden beschouwd. De aldus vastgestelde poldercontouren en polderniveaus zijn van belang voor onderdeel 4.8 bij de bepaling van het gewogen aantal saneringswoningen.

##### 4.2 Keuze kaartmateriaal

Aan het kaartmateriaal wordt de eis gesteld dat de bebouwing in de juiste afmetingen er op aangegeven is. Afhankelijk van de detaillering van de wijk zal de schaal 1:1000 tot 1:5000 bedragen.

De kaartinformatie zal echter in praktisch alle gevallen aangevuld dienen te worden met een visuele inspectie ter plaatse, ter verifiëring van de actualiteit van het kaartmateriaal (gebouwen verdwenen door sloop of gebouwen bijgekomen door nieuwbouw) en ter verkrijging van hoogte-informatie.

Details aan gevels kunnen verwaarloosd worden wanneer de afmetingen kleiner zijn dan 3 m. Inspringende en getrapte gevels kunnen veelal vervangen worden door een vlakke gevel ter plaatse van de gemiddelde gevellijn. De bebouwingsdoorsneden hebben betrekking op de referentie hoogte van 3 m onder de gemiddelde nokhoogte. Uitgebouwde keukens en aangebouwde schuurtjes kunnen daarom vaak verwaarloosd worden, terwijl gebouwen lager dan 3 m nooit worden meegenomen.

##### 4.3 Controle toepassingsbereik

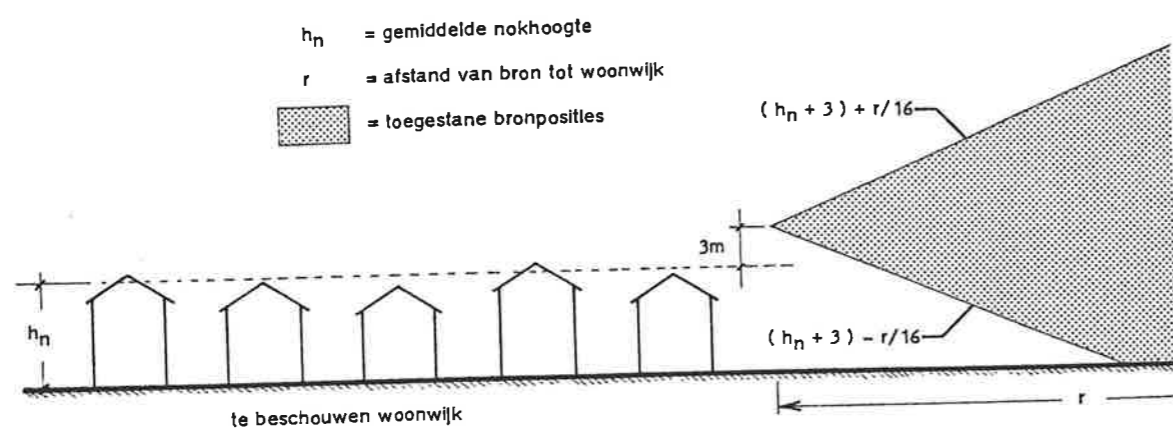
###### Bronpositie

De positie van de meest bepalende geluidbron(nen) op het industrieterrein ten opzichte van de woonwijk mag niet te hoog en niet te laag zijn (in verband met het uitgangspunt, dat de geluidoverdracht boven de woonwijk wordt gedomineerd door een gekromd overdrachtspad; zie [3]). Zie figuur 1.

Het gearceerde gebied in figuur 1 geeft aan waar zich de immissieniveau bepalende geluidbronnen moeten bevinden, opdat de rekenmethode toepasbaar is. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een "broncentrum", dat wil zeggen het geometrisch midden van de bepalende geluidbronnen, waarbij de hoogte wordt gekozen op 2/3 van het hoogtetraject van de bepalende bronnen.

Indien het broncentrum zich bevindt beneden het gearceerde gebied van figuur 1, maar een deel van de bepalende bronnen wel in het gearceerde gebied liggen, dan is de methode wel toepasbaar. In de overige gevallen (dat wil zeggen alle bepalende bronnen liggen beneden het gearceerde gebied of het broncentrum bevindt zich boven het gearceerde gebied) is de methode niet direct toepasbaar. Dan moet gebruik worden gemaakt van een andere methode (bij te lage bronnen) of een aangepaste methode (bij te hoge bronnen). Zie hiertoe onderdeel 4.6.





Figuur 1: Toegestane bronposities. De methode is direct toepasbaar indien de meest bepalende geluidbron(nen) zich bevinden in het gearceerde gebied. Bij bronposities boven het gearceerde gebied wordt een correctiefactor toegepast op de uitkomst van de methode. Bij bronposities beneden het gearceerde gebied wordt een andere methode toegepast (zie onderdeel 4.6)

#### Bronspectrum

De methode is toepasbaar voor nagenoeg alle frequentiespectra. Alleen voor spectra waarvan de 63 Hz-octaaftand (of lager) overheersend is, kan de methode niet worden toegepast. Dit komt echter zelden voor.

#### Homogene bebouwing

Er moet binnen de betreffende woonwijk sprake zijn van een zekere homogeniteit qua nokhoogte en onderlinge gebouwenafstanden. Hiervoor geldt als indicatie:

- ten minste 90% van alle gebouwen heeft een nokhoogte waarvan de onderlinge verschillen niet groter zijn dan 3 m (de nok-hoogten worden gemeten ten opzichte van een horizontaal vlak). Hierbij worden gebouwen met een hoogte van  $< 3$  m boven maaiveld niet meegerekend (schuurtjes, garages, en dergelijke);
- de spreiding van de afstanden tussen de individuele gebouwen moet zo klein mogelijk zijn. Teneinde zo goed mogelijk aan deze condities te kunnen vol-

doen zal men in voorkomende gevallen de beschouwde woonwijk kunnen onderverdelen in deelgebieden met voor elk een zo gering mogelijke spreiding in nokhoogte en gebouwenafstand. Elk van dergelijke gebieden dient echter tenminste circa 10.000 m<sup>2</sup> groot te zijn en tenminste 10 gebouwen te bevatten.  $D_{huis}$  wordt vervolgens voor elk deelgebied apart berekend.

#### Gebouwafmetingen

De afmetingen van de individuele gebouwen (bebouwingsblokken) dienen in beginsel binnen de volgende grenzen te liggen:

- nokhoogte :  $< 20$  m;
- gebouwendiepte:  $< 15$  m;
- gebouwenlengte: geen beperking.

Woonbebouwing zal in het algemeen hieraan voldoen. Kantoor- en industriebebouwing met een grote gebouwenmassa daarentegen niet.

#### 4.4 Afbakening woonwijk

Als een woonwijk voldoende homogeen is, zoals bedoeld in onderdeel 4.3, wordt de wijk als één geheel beschouwd en wordt hiervoor één waarde van  $D_{huis}$  bepaald. In andere gevallen wordt de wijk opgesplitst in delen, die ieder wel voldoende homogeen zijn en wordt per deel een  $D_{huis}$ -waarde bepaald.

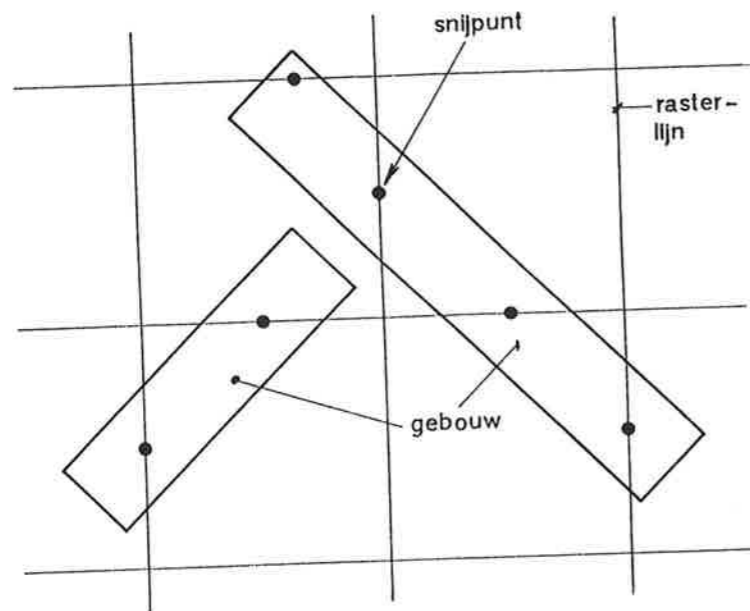
#### 4.5 Bepaling karakteristieke lengte L

##### Definitie van L

De karakteristieke lengte L van een woonwijk is gedefinieerd als het produkt van de gemiddelde bebouwingsafstand gemeten in uiteenlopende richtingen en het percentage onbebouwd oppervlak (uitgedrukt in de fractie tussen 0 en 1).

##### Gemiddelde bebouwingsafstand

De gemiddelde bebouwingsafstand wordt als volgt bepaald: Over de plattegrond van de woonwijk wordt een raster gelegd met een op de bebouwing afgestemde maaswijdte. De rasterlijnen zullen in het algemeen diverse keren de bebouwing snijden. Het aantal doorsnijdingen wordt geteld. In figuur 2 is dit in detail aangegeven.



Figuur 2: de doorsnijding van elke rasterlijn met elk gebouw levert één snijpunt op

Vervolgens wordt de totale lengte van de rasterlijnen bepaald. De gemiddelde bebouwingsafstand wordt verkregen door de totale lengte te delen door het aantal doorsnijdingen.

#### Percentage onbebouwd oppervlak

In veel gevallen zal van de betreffende woonwijk het percentage bebouwd oppervlak bekend zijn. Hieruit volgt direct het percentage onbebouwd oppervlak volgens:

$$\text{percentage onbebouwd} = 100 - \text{percentage bebouwd}$$

Indien dit niet bekend is wordt het percentage onbebouwd oppervlak bepaald met behulp van kaartmateriaal. De vereiste nauwkeurigheid bedraagt circa 5%. Gebouwen met een hoogte  $\leq 3$  m worden niet meegerekend.

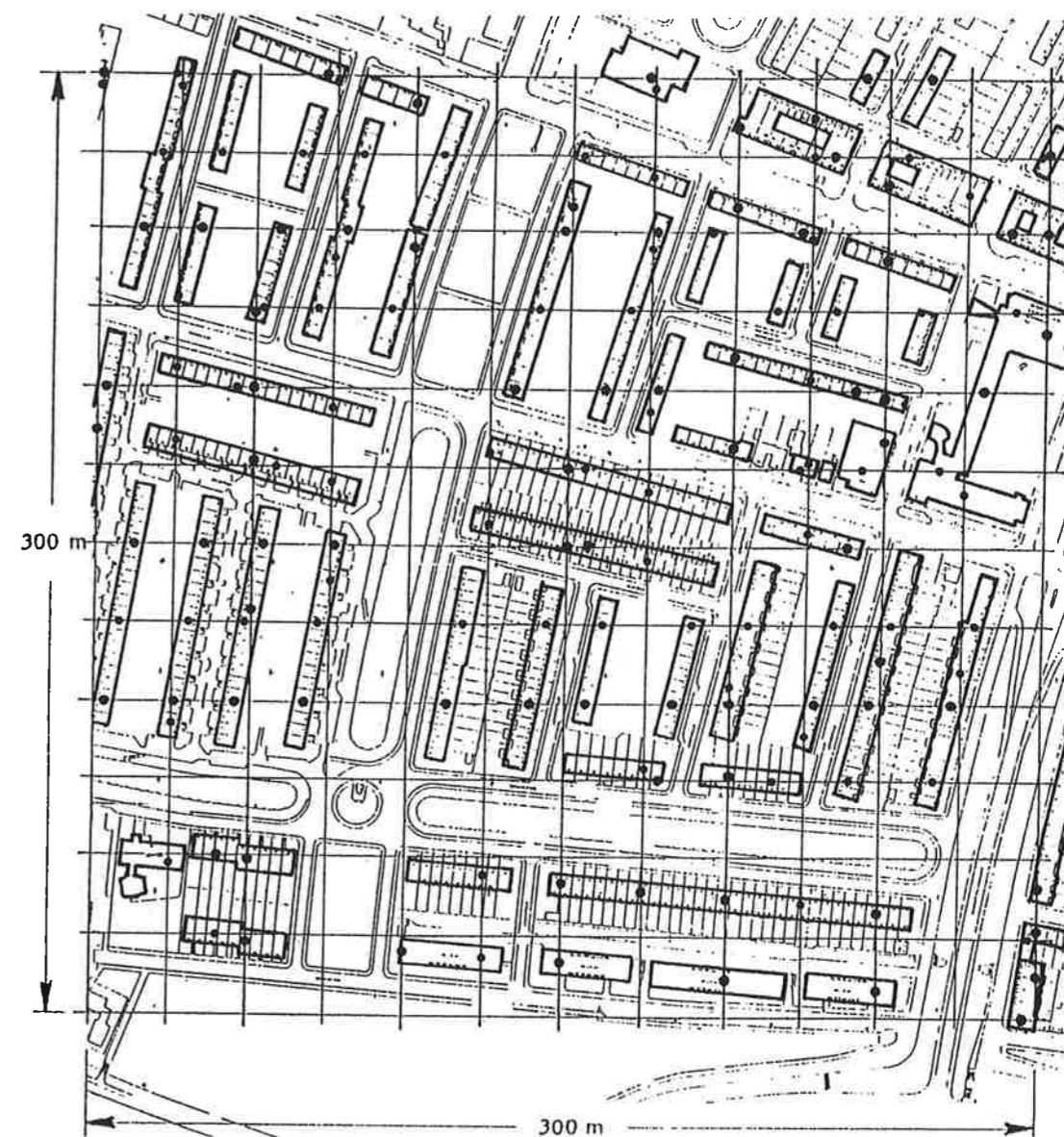
#### Voorbeeld

Door vermenigvuldiging van de gemiddelde bebouwingsafstand met het percentage onbebouwd oppervlak wordt de karakteristieke lengte L verkregen. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van het in figuur 3 gegeven voorbeeld.

In figuur 3 is een raster van 300 m bij 300 m gegeven, dat over de plattegrond van een woonwijk gelegd is. Een doorsnijding van een rasterlijn met de bebouwing is aangegeven met een zwarte stip. De volgende gegevens kunnen uit de situatie worden afgeleid:

- totale lijnlengte :  $26 * 300 \text{ m} = 7.800 \text{ m}$ ;
- aantal doorsnijdingen : 150,5;
- fractie(percentage) onbebouwd : ca. 0,8 (80%);

Bij de bepaling van het aantal doorsnijdingen zijn de snijpunten aan het eind van een rasterlijn voor de helft meegeteld (zie verderop onder rasterranden). De gemiddelde bebouwingsafstand kan diensgevolge berekend worden door de totale rasterlijnlengte te delen door het aantal doorsnijdingen van de rasterlijnen met de bebouwing.



Figuur 3: voorbeeld van de doorsnijdingen van een raster met een woonwijk

Dit geeft een gemiddelde bebouwingsafstand van 52 m. De karakteristieke lengte wordt verkregen door deze afstand te vermenigvuldigen met de fractie onbebouwd oppervlak:

$$L = 0,8 \cdot 52 \text{ m} = 41 \text{ m}$$

#### Rastergrootte

Om voldoende doorsnijdingen met de bebouwing te hebben mag de maaswijdte van het raster niet te grof zijn. Het hanteren van een te fijn raster echter, leidt slechts tot onnodig veel werk zonder dat aan de nauwkeurigheid van de methode veel bijgedragen wordt. In de praktijk kan als vuistregel gehanteerd worden dat de maaswijdte circa 4 maal de wortel van de diagonale gebouwafmeting in meters dient te zijn.

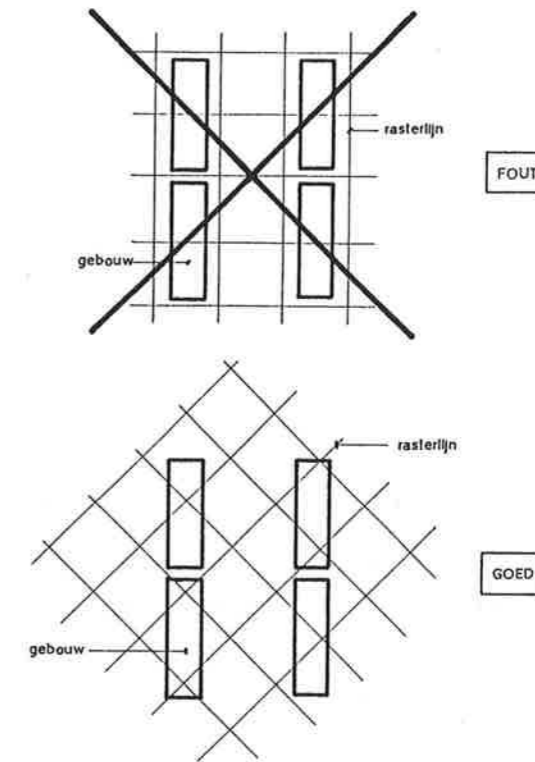
Zo is bijvoorbeeld bij een villawijk de diagonale gebouwafmeting ca. 15 m. Dit resulteert in een raster van 15 m. In een nieuwbouwwijk met rijbebouwing (diagonale afmeting ca. 50 m) resulteert dit in een rastergrootte van 30 m.

#### Interferentie

Ook wanneer aan de eisen met betrekking tot rastergrootte voldaan is, kan interferentie optreden tussen de bebouwing en het raster. Met interferentie wordt bedoeld het min of meer overeenkomen van het stratenplan met het patroon van het raster. Als gevolg hiervan zullen rasterlijnen óf juist steeds over de bebouwing lopen, óf juist steeds tussen de bebouwing door (zie figuur 4). Dit kan leiden tot grote fouten in de bepaling van de karakteristieke lengte. Men moet hierop alert zijn. Aanpassen van de rasterfijnheid en -oriëntatie lost dit probleem in veel gevallen op.

#### Rasteroriëntatie

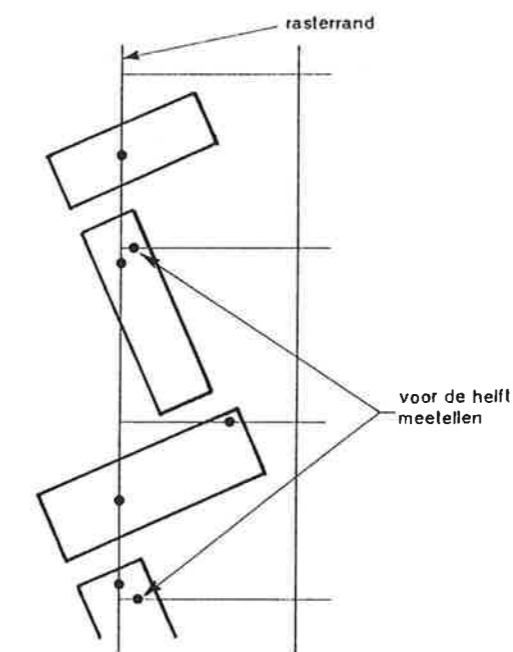
Om een zo juist mogelijke vaststelling van de karakteristieke lengte te verkrijgen, dient de rasteroriëntatie een hoek van circa 45° met de gemiddelde straatorientatie te hebben. Indien het vermoeden bestaat, dat er desalniettemin een belangrijke interferentie blijft, dan kan dit effect worden verkleind door behalve de bovenstaande oriëntatie ook een oriëntatie met 30° en 70° ten opzichte van de gemiddelde straatorientatie toe te passen en voor elk van deze oriëntaties een waarde van L te bepalen. Het gemiddelde van deze 3 waarden wordt als maatgevend beschouwd. Dit verkleint tevens sterk de mogelijkheid tot manipulatie van het raster teneinde een grote of een kleine waarde van de karakteristieke lengte te verkrijgen.



Figuur 4: interferentie van raster met stratenplan moet worden vermeden

#### Rasterranden

Wanneer de begin- of eindpunten van de rasterlijnen binnen een gebouw vallen, worden deze als een halve doorsnijding geteld. In figuur 5 is hiervan een voorbeeld gegeven.



Figuur 5: doorsnijdingen aan het eind van een rasterlijn worden voor de helft meegeteld

### Rasteromtrek

De vorm van de omtrek van het raster hoeft niet rechthoekig te zijn. Het mag een willekeurige vorm hebben, zodat het zo goed mogelijk kan aansluiten op de omhullende van de betreffende wijk.

### Steegjes

Bij de bepaling van het aantal doorsnijdingen worden steegjes genegeerd indien de steegbreedte kleiner is dan 3 m.

### 4.6 Berekening $D_{\text{huis}}$

Er worden drie soorten situaties onderscheiden:

- a. het broncentrum bevindt zich in het gearceerde gebied van figuur 1;
- b. het broncentrum ligt boven het gearceerde gebied van figuur 1;
- c. alle bepalende geluidbronnen liggen beneden het gearceerde gebied van figuur 1.

In situatie a is de rekenmethode direct toepasbaar. In situatie b is de rekenmethode toepasbaar, echter er wordt een correctie aangebracht op de uitkomst van de methode. In situatie c is de rekenmethode niet toepasbaar en moet gebruik worden gemaakt van een andere methode (deze situaties zullen naar verwachting zelden voorkomen).

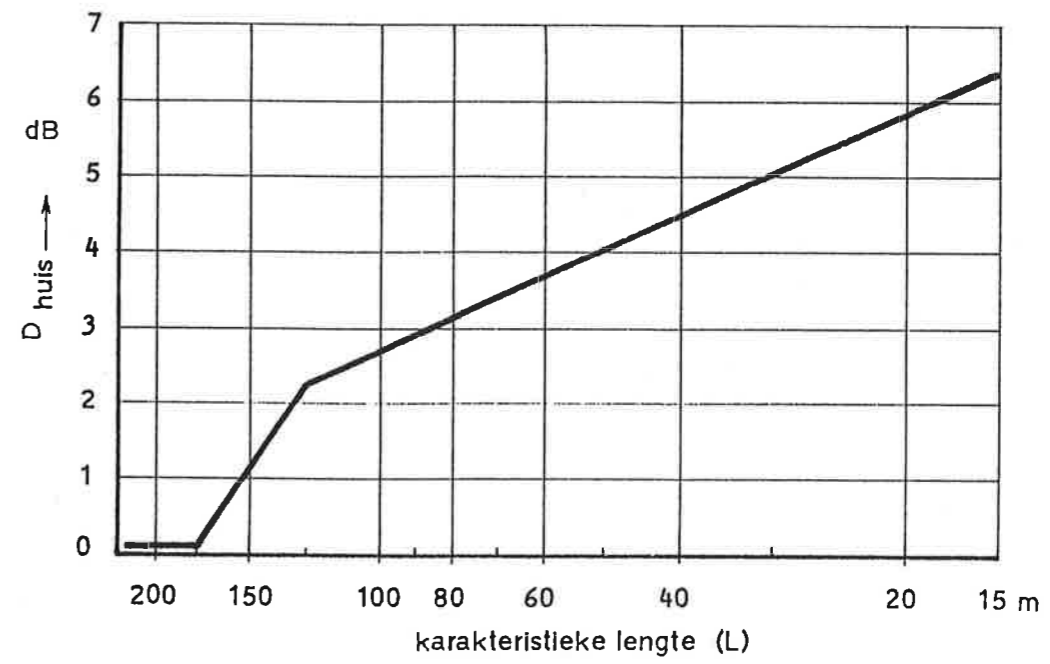
In het navolgende wordt voor elk van deze drie situaties aangegeven hoe  $D_{\text{huis}}$  wordt berekend.

#### Situatie a:

$D_{\text{huis}}$  volgt uit L volgens:

- L kleiner dan 125 m :  $D_{\text{huis}} = 11,7 - 4,5 \log L$  [dB]
- L tussen 125 m en 175 m:  $D_{\text{huis}} = 32,9 - 14,6 \log L$  [dB]
- L groter dan 175 m :  $D_{\text{huis}} = 0$  [dB]

Bovenstaande relatie is in figuur 6 grafisch weergegeven.



Figuur 6: de relatie tussen  $D_{\text{huis}}$  en de karakteristieke lengte van de woonwijk

Deze relatie houdt in dat bij dichte binnenstedelijke bebouwing (L ca. 20 m)  $D_{\text{huis}}$  ca. 6 dB bedraagt. In geval van een laagbouw nieuwbouwwijk (L = ca. 70 m) bedraagt  $D_{\text{huis}}$  ca. 3 dB. Voor een ruim gebouwde villawijk (L = ca. 150 m) is deze waarde nog slechts 1 dB.

#### Situatie b (hoge bronnen):

Voor het verderweg gelegen gedeelte van de woonwijk, waarvoor de voorwaarden van onderdeel 4.3, voor wat betreft de bronpositie wel van toepassing zijn, wordt  $D_{\text{huis}}$  bepaald volgens de methode onder situatie a. Voor het overige, dichter bij de bron gelegen, gedeelte van de wijk geldt een aangepaste waarde  $D_{\text{huis}}$ , volgens:

$$D_{\text{huis}} = f \cdot D_{\text{huis}'}$$

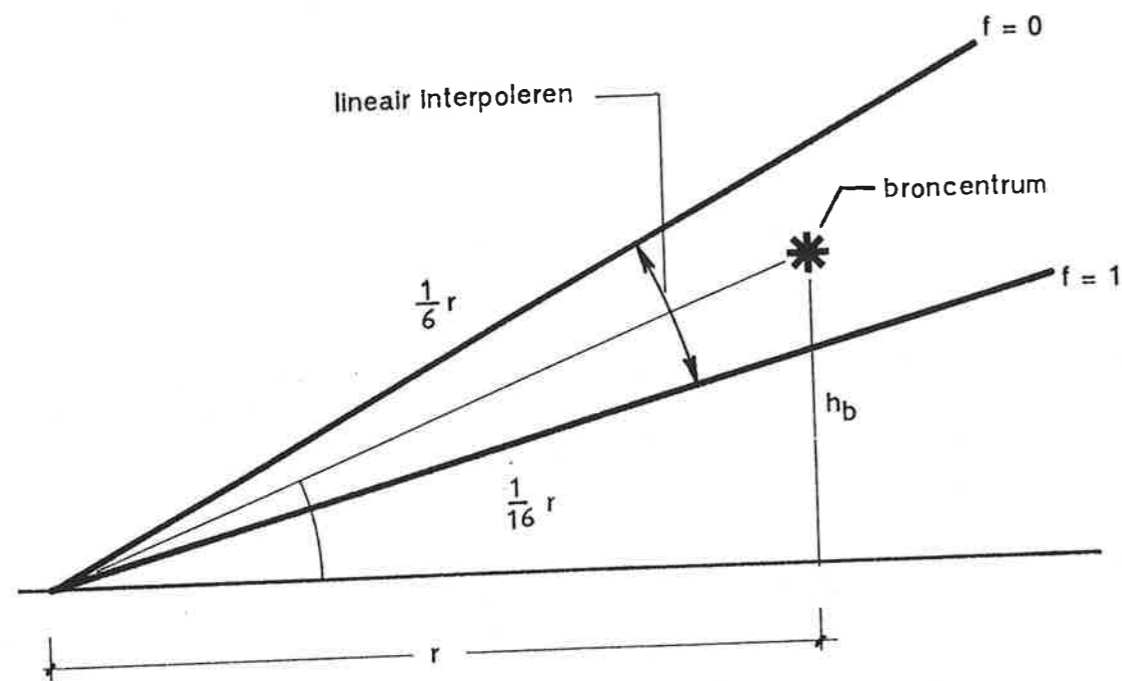
waarbij  $D_{\text{huis}'}$  is bepaald voor het betreffende wijkdeel alsof aan de voorwaarden van 4.3 is voldaan en waarbij f een correctiefactor is, die lineair verloopt tussen 0 (bij  $R = 1/6$ ) en 1 (bij een  $R = 1/16$ ) volgens (zie figuur 7):

$$f = - 10 R + 1,6.$$

Hierin is  $R = h_b/r$  met  $h_b$  = de hoogte van het broncentrum ten opzichte van de gemiddelde nokhoogte + 3 m en  $r$  = de horizontale afstand van het broncentrum tot het midden van het betreffende wijkdeel.

**Situatie c (lage bronnen):**

Op basis van de rekenmethode C van [2] wordt gerekend met enkelvoudige afschermingen en enkelvoudige reflecties. Door de ligging van plaatselijke obstakels en open gaten, kan de verzwakking sterk variëren. Dergelijke berekeningen kunnen worden beperkt tot enkele representatief gelegen punten nabij (groepen van) woningen, die vermoedelijk een geluidbelasting hoger dan 55 dB(A) zullen hebben.



Figuur 7: wanneer het broncentrum boven het gearceerde gebied van figuur 1 ligt, wordt  $D_{huis}$  vermenigvuldigd met een correctiefactor  $f$  tussen 0 en 1. Deze factor is gebaseerd op een lineaire interpolatie tussen de twee hier aangegeven hoeken.

**4.7 Apart te behandelen woningen**

De volgens onderdeel 4.6 berekende waarde van  $D_{huis}$  is niet toepasbaar op woningen met een bijzondere ligging. Voor deze woningen geldt een andere  $D_{huis}$ -waarde. Het gaat om twee soorten woningen, te weten:

- woningen met vrije geluidaanstraling,
- mengvorm van hoog- en laagbouw.

Woningen met vrije geluidaanstraling

Voor deze woningen geldt  $D_{huis} = 0$ . Dit betreft:

- a. **woningen met min of meer vrij zicht op de meest bepalende geluidbronnen van het industrieterrein,**
  - als gevolg van hun ligging in de eerste bebouwingsrij,
  - omdat zij via open gaten in de bebouwing zicht hebben op de geluidbronnen,
  - of omdat zij boven de voorliggende bebouwing uitsteken (de bovenste woonlagen van flats en dergelijke);
- b. **woningen die geen vrij zicht op de bron hebben, maar die op grotere afstand van de voorliggende bebouwing liggen.** Dit doet zich voor bij grotere open ruimten binnen de bebouwing, zoals pleinen en plantsoenen; het betreft alleen de woningen, die gezien vanuit het broncentrum op meer dan 100 m achter de voorliggende bebouwing liggen (gemeten in de richting loodrecht op de poldercontouren ter plaatse van deze woningen).

Mengvorm van hoog- en laagbouw

- a. **Incidentele hoogbouw in laagbouwwijken:** hierbij kan worden gedacht aan één of enkele flats te midden van een laagbouwwijk. Vanuit de bron gezien zullen een aantal woningen vóór de flat een kleine niveauverhoging ondervinden en achter de flat een niveauverlaging.

Deze situatie kan worden aangepakt door eerst  $D_{huis}$  voor de laagbouwwijk te berekenen volgens de standaardmethode alsof de flat even hoog was als de rest van de wijk. Deze  $D_{huis}$ -waarde is van toepassing op alle woningen in de wijk, uitgezonderd de woningen in de directe invloedssfeer van de flat. Voor deze laatste woningen wordt het polderniveau berekend op 1 m boven de gemiddelde nokhoogte met inachtneming van reflectie en afscherming vanwege de flat met behulp van [2]. Van deze polderniveau wordt tenslotte de voornoemde  $D_{huis}$ -waarde afgetrokken.

Voor de woningen in de flat zelf, die zich beneden de gemiddelde nokhoogte van de laagbouwwijk bevinden, geldt de waarde van  $D_{huis}$  van de wijk. Voor de woningen in de flat, die boven de woonwijk uitsteken, geldt  $D_{huis} = 0$ .

b. Incidentele laagbouw in hoogbouwwijken: gedacht kan worden aan een aantal (rijtjes) laagbouwwoningen in een hoogbouwwijk. Voor de hoogbouwwoningen geldt de  $D_{huis}$ -waarde (volgens de standaardmethode, waarbij de laagbouw wordt genegeerd). Voor de laagbouwwoningen geldt deze zelfde  $D_{huis}$ -waarde maar dan vermeerderd met 1 dB.

c. Ongeveer gelijke verdeling van laag- en hoogbouw: men dient deze situaties zoveel mogelijk te voorkomen door de wijk in aparte delen met overwegend hoog- of laagbouw op te splitsen, in welk geval de voornoemde methoden toegepast kunnen worden. Is dat niet mogelijk dan wordt de volgende methode aangehouden:

De  $D_{huis}$ -waarde voor de hoogbouw wordt met de standaardmethode vastgesteld, waarbij de laagbouw niet meegenomen is. De  $D_{huis}$ -waarde voor de laagbouw wordt gegeven door de hoogste van de volgende waarden:

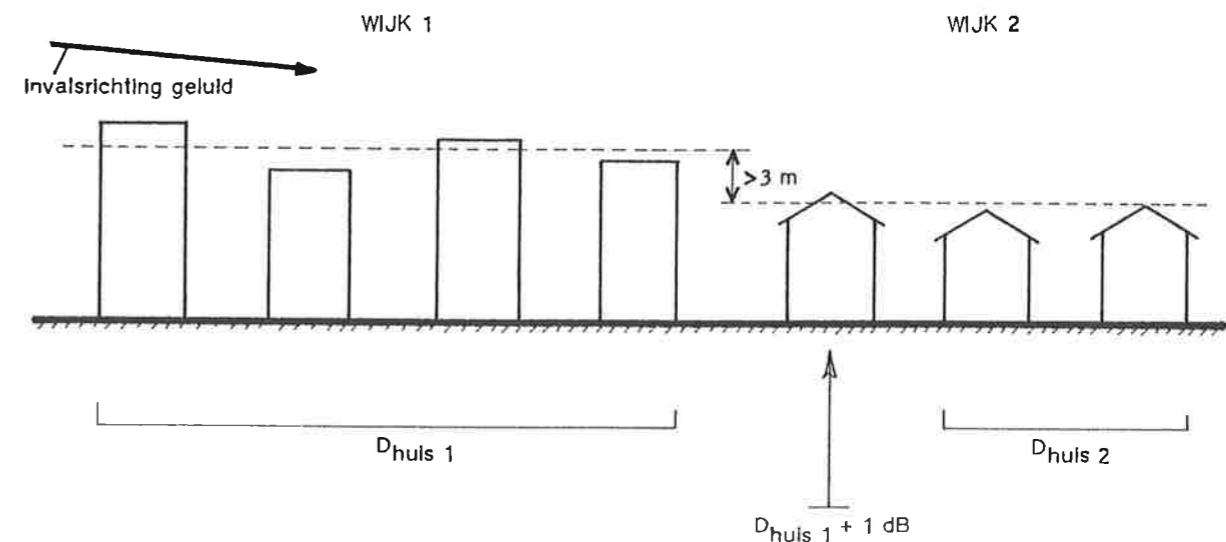
$D_{huis}$  (hoogbouw zonder laagbouw) + 1 dB

berekend met een karakteristieke lengte van de hoogbouw waarin de laagbouw niet is meegenomen of

$D_{huis}$  (hoogbouw met laagbouw)

berekend met een karakteristieke lengte, waarin naast de hoogbouw ook de laagbouw is meegenomen.

d. Lagere woonwijken achter hogere woonwijken: in situaties, waarin, gezien vanuit de bron, achter een woonwijk en direct grenzend eraan een andere woonwijk ligt met een lagere gemiddelde nokhoogte, dan geldt de volgende werkwijze. Zie figuur 8.



Figuur 8: bij lagere woonwijken achter hogere woonwijken is  $D_{huis}$  voor de woningen direct achter de hogere wijk gelijk aan de  $D_{huis}$ -waarde van de hogere wijk vermeerderd met 1 dB.

Deze woonwijken worden als afzonderlijke wijken beschouwd indien de gemiddelde nokhoogten onderling meer dan 3 m verschillen. Voor elk van beide wijken wordt afzonderlijk de  $D_{huis}$ -waarde bepaald. Deze waarden zijn van toepassing op alle woningen van de betreffende wijk, uitgezonderd de woningen als bedoeld onder 4.7 en uitgezonderd de eerste rij woningen van de lagere wijk, die aansluitend achter de hogere wijk zijn gelegen. Voor deze laatste woningen geldt de  $D_{huis}$ -waarde van de voorliggende (hogere) wijk vermeerderd met 1 dB.

#### 4.8 Bepaling gewogen aantal saneringswoningen

Uit de volgens onderdeel 4.1 bepaalde polderniveaus  $B_i$  (polder) en de volgens onderdeel 4.6 bepaalde  $D_{\text{huis}}$ -waarde, worden de geluidbelastingen binnen de woonwijk  $B_i(\text{huis})$  berekend volgens:

$$B_i(\text{huis}) = B_i(\text{polder}) - D_{\text{huis}} \quad (1)$$

met:

- $B_i(\text{huis})$  : geluidbelasting binnen de woonwijk op 3 m onder de gemiddelde nokhoogte  
 $B_i(\text{polder})$ : geluidbelasting op dezelfde plaats, maar dan gerelateerd aan 5 m hoogte boven een absorberende bodem zonder huizen  
 $D_{\text{huis}}$  : gemiddelde geluidverzwakking ten gevolge van de bebouwing in de beschouwde woonwijk

Op grond hiervan kunnen geluidcontouren worden getekend van gelijke  $B_i(\text{huis})$ -waarden : 55 dB(A), 60 dB(A) en 65 dB(A). Met nadruk wordt hier nog eens gesteld dat deze contouren alleen dienen ter bepaling van het gewogen aantal saneringswoningen en dat ze niet gebruikt kunnen worden voor nieuwbouwplannen.

Vervolgens wordt het aantal woningen geteld in het gebied tussen de contouren van 55 en 60 dB(A), tussen de contouren van 60 en 65 dB(A) en binnen de contour van 65 dB(A).

Hierbij worden evenwel niet de woningen meegeteld die een bijzondere ligging hebben zoals bedoeld onder 4.7. Voor deze woningen worden de geluidbelastingen berekend door van de polderniveaus de individuele  $D_{\text{huis}}$ -waarde volgens onderdeel 4.7 af te trekken. Op grond van deze geluidbelastingen kunnen deze woningen dan worden toegevoegd aan de voornoemde telling tussen de contouren.

Het aldus gevonden aantal woningen tussen 55 en 60 dB(A) wordt één maal geteld, tussen 60 en 65 dB(A) drie maal en boven 65 dB(A) negen maal. Door optelling van deze uitkomsten wordt tenslotte het gewogen aantal saneringswoningen gevonden.

#### 5. VOORBEELDEN

In het navolgende wordt voor drie voorbeelden aangegeven op welke wijze men tot de  $D_{\text{huis}}$ -waarden kan komen. Hoewel de voorbeelden gebaseerd zijn op werkelijke situaties, zijn de uitkomsten ervan niet bindend voor de in die concrete situaties te maken keuzen.

##### 5.1 Voorbeeld A

###### Situatie

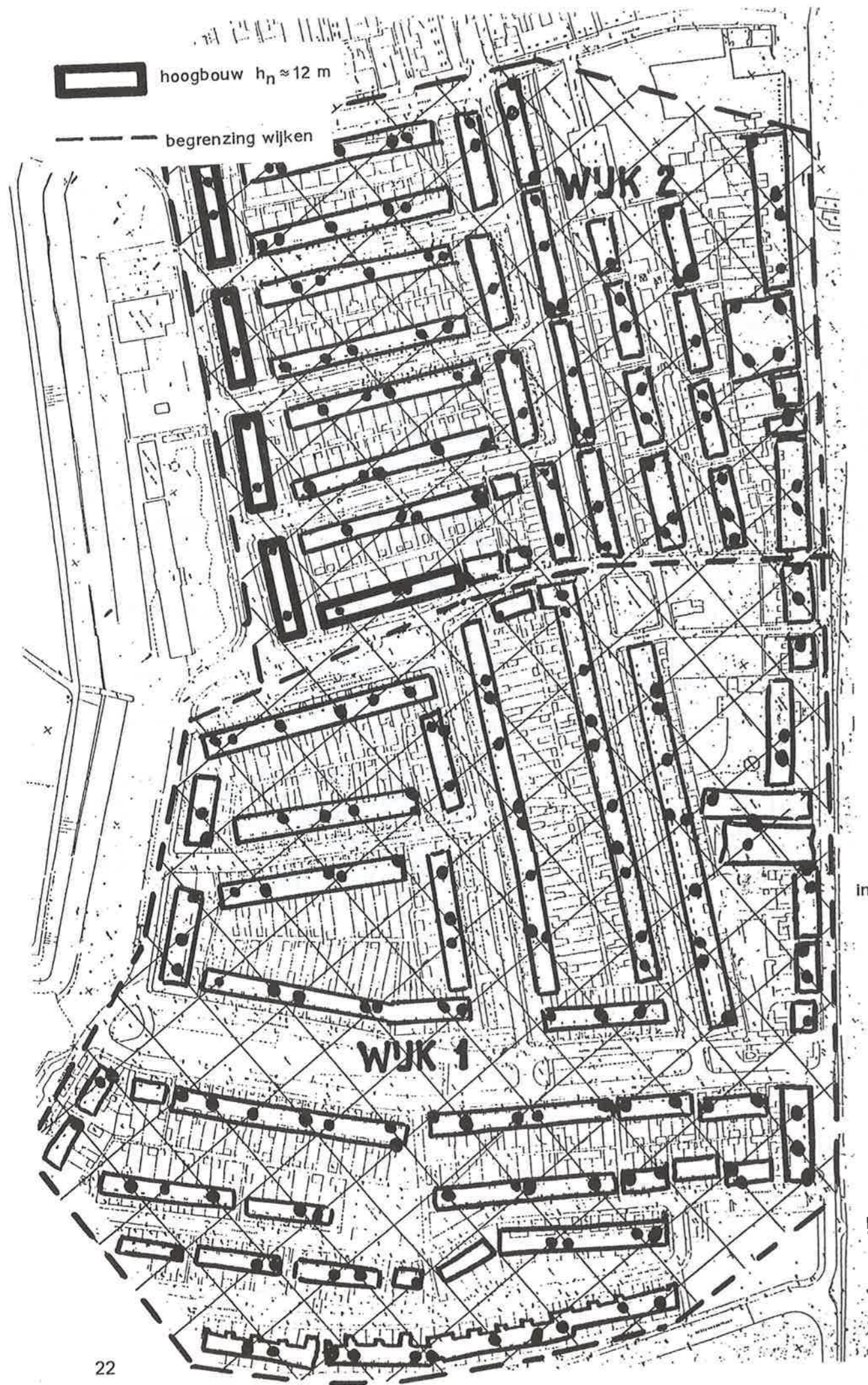
De plattegrond van de woonwijk is gegeven in figuur A1. Het betreft een laagbouwwijk met nokhoogten, die variëren van 7 tot 9 m ( $h_n$  is dus 8 m). Een uitzondering hierop vormen een vijftal woonblokken met een nokhoogte van 12 m. Deze zijn in figuur A1 aangegeven met dikkere lijnen.

Het geluid is afkomstig van een enkele industriële installatie (op circa 80 m van de rand van de woonwijk) waarvan de belangrijkste geluidbronnen gesitueerd zijn tussen 10 en 15 m hoogte.

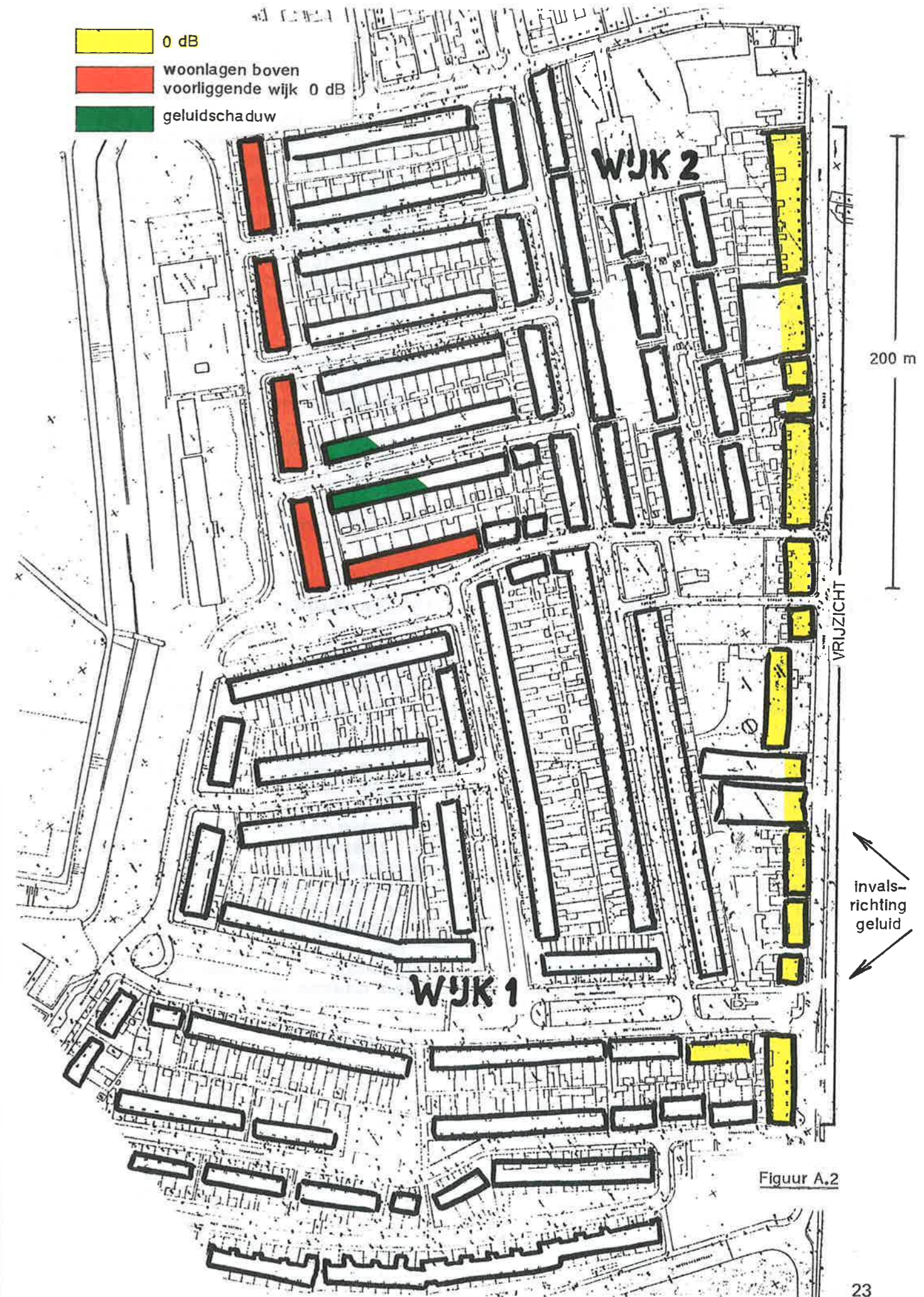
###### Controle toepassingsbereik

Gecontroleerd wordt of voldaan wordt aan de voorwaarden in onderdeel 4.3:

- bronpositie (zie figuur 1): op een afstand van 80 m uit de rand van de bebouwing is de maximale bronhoogte  $(h_n + 3 + r/16)$  gelijk aan 16 m  $(8 + 3 + 80/16)$ ; de bronhoogten van 10 tot 15 m voldoen hieraan;
- homogene bebouwing: het betreft voornamelijk eengezinswoningen. De variaties in nokhoogte liggen binnen de grens van 3 m, uitgezonderd de 5 hoogbouwblokken. Deze worden behandeld als "incidentele hoogbouw in een laagbouwwijk". De wijk wordt in twee gedeelten onderscheiden op basis van de onderlinge gebouwenafstanden (wijk 1 en wijk 2). Zie figuur A1.



Figuur A.1



Figuur A.2



### Bepaling karakteristieke lengte

De gemiddelde (diagonale) gebouwafmeting is circa 40 m. Dientengevolge wordt een raster gekozen met een maaswijdte van 25 m ( $\approx$  vier maal wortel 40). Dit raster wordt met een oriëntatie van circa  $45^\circ$  ten opzichte van de overwegende straatorientatie over de plattegrond van beide wijken gelegd. Zie figuur A1. Omdat geen interferentieproblemen worden verwacht, wordt volstaan met deze ene rasteroriëntatie. Elke gebouwdorsnijing is aangegeven met een punt. De tussenstappen en de resultaten van de bepaling van de karakteristieke lengte van beide wijken zijn samengevat in onderstaande tabel. Ook de bijbehorende  $D_{huis}$ -waarden zijn vermeld.

	wijk 1	wijk 2
bebouwingsdichtheid	15 %	20 %
totale lijnlengte	7040 m	4160 m
aantal doorsnijdingen	131	97
karakteristieke lengte	46 m	34 m
$D_{huis}$	4,2 dB	4,8 dB

### Apart te behandelen woningen

De apart te behandelen woningen zijn in figuur A2 aangegeven met een kleur:

1. Met geel zijn de woningen aangegeven in de eerste rij en één woning achter een gat in de eerste rij. Deze woningen hebben vrij zicht op de bron.  $D_{huis}$  is dus gelijk aan 0;
2. Met oranje zijn de woningen aangegeven van de bovenste woonlaag van de 12 m hoge bebouwing, omdat deze woningen ook vrij zicht op de bron hebben.  $D_{huis} = 0$ ;
3. Met groen is aangegeven welke woningen zich in de geluidschaduw van de hoogbouw bevinden (bepaald via een rechte lijn vanuit de bron; dit is toegestaan omdat er sprake is van één geluidbron, die een "slagschaduw" veroorzaakt). Uit een berekening met methode C van [2] volgt als afscherm-effect ( $D_{scherm}$ ) van de hoogbouw circa 5 dB. In totaal geldt dus voor deze woningen dat  $D_{huis} = 4,8 + 5 = 9,8$  dB. De reflectie-effecten van de hoogbouw (berekend met [2]) blijken kleiner dan 0,5 dB en worden daarom verwaarloosd.

## 5.2 Voorbeeld B

### Situatie

De plattegrond van de gehele wijk is aangegeven in figuur B1. Naast de laagbouwwoningen met nokhoogten van 6 tot 8 m ( $h_n$  is dus 7 m) komt ook hoogbouw voor met nokhoogten van 14 tot 16 m ( $h_n$  is dus 15 m). Voorts bevindt zich binnen de wijk een grote open ruimte, waarvan de afmeting (in de richting van de bron) groter is dan 100 m. Het geluid is afkomstig van een grote procesindustrie op circa 1000 m van de rand van de wijk. De bronhoogten variëren van 5 tot 50 m.

### Controle toepassingsbereik

Op grond van de nokhoogten wordt de woonwijk onderverdeeld in drie wijken (zie figuur B1):

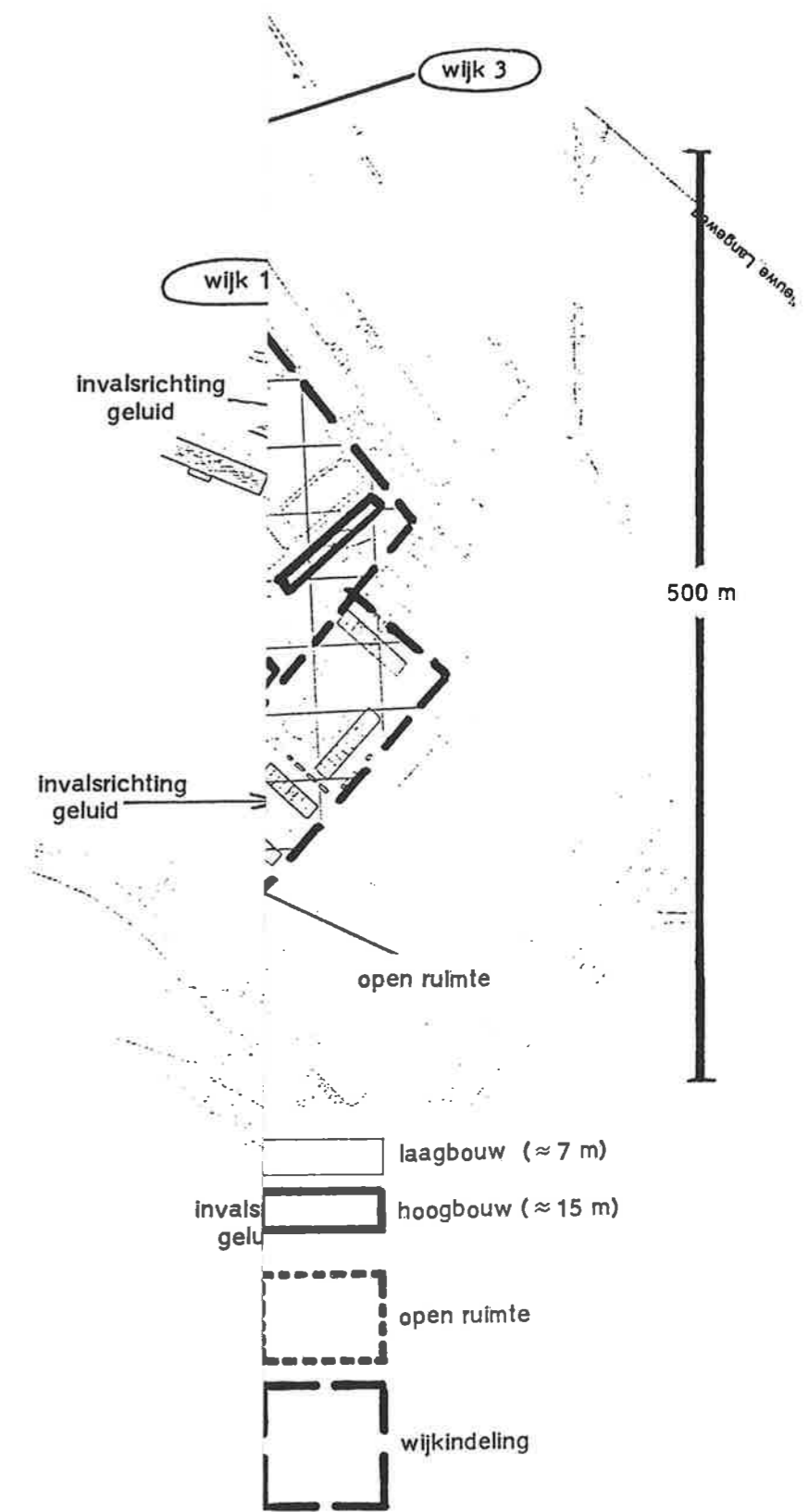
- wijk 1: laagbouw met incidentele hoogbouw;
- wijk 2: hoogbouw en laagbouw in ongeveer gelijke verdeling;
- wijk 3: hoogbouw met incidentele laagbouw.

Voor elk van deze 3 wijken wordt het toepassingsbereik gecontroleerd:

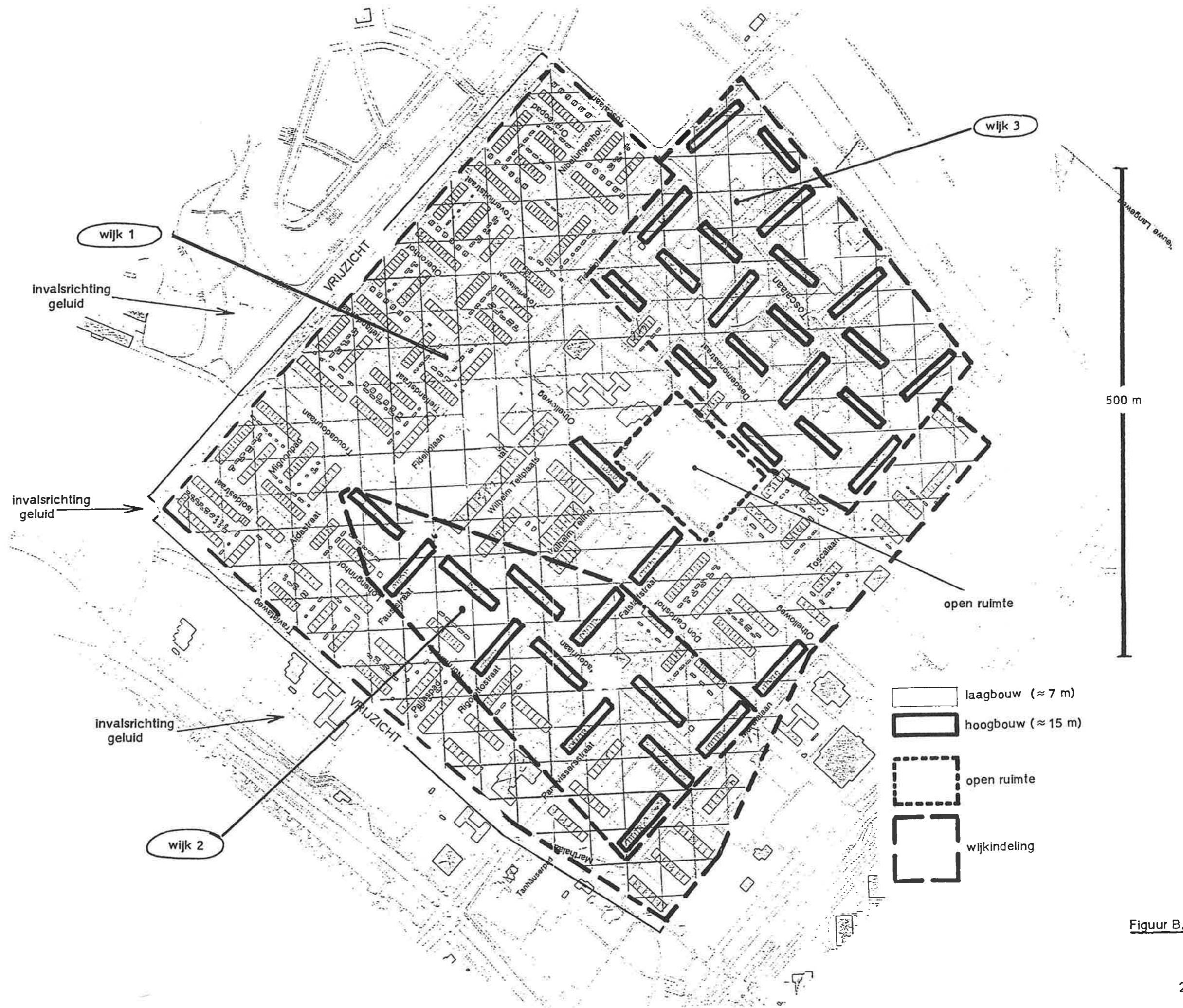
- bronpositie (zie figuur 1): op een afstand van 1000 m is de maximale bronhoogte ( $h_n + 3 + r/16$ ) voor de laagste wijk ( $h_n = 7$  m) al gelijk aan 70 m ( $7 + 3 + 1000/16$ ). Alle bronhoogten van 5 tot 50 m voldoen hieraan. Alle drie wijken voldoen dus aan de voorwaarden;
- homogene bebouwing: de nokhoogte-variëaties van de laagbouw en de hoogbouw afzonderlijk liggen binnen de grens van 3 m.

### Bepaling karakteristieke lengte

Voor elk van de drie wijken afzonderlijk wordt de karakteristieke lengte bepaald. Voor wijk 2 gebeurt dit tweemaal, te weten in een situatie, waarin de laagbouw wel en niet is meegenomen. De oriëntatie en de afmetingen van de gebouwen in de verschillende wijken zijn zodanig, dat gekozen wordt voor één raster. De gemiddelde gebouwafmeting is circa 80 m. Gekozen wordt voor een raster met maaswijdte van 36 m ( $\approx$  vier maal wortel 80). Zie figuur B1.

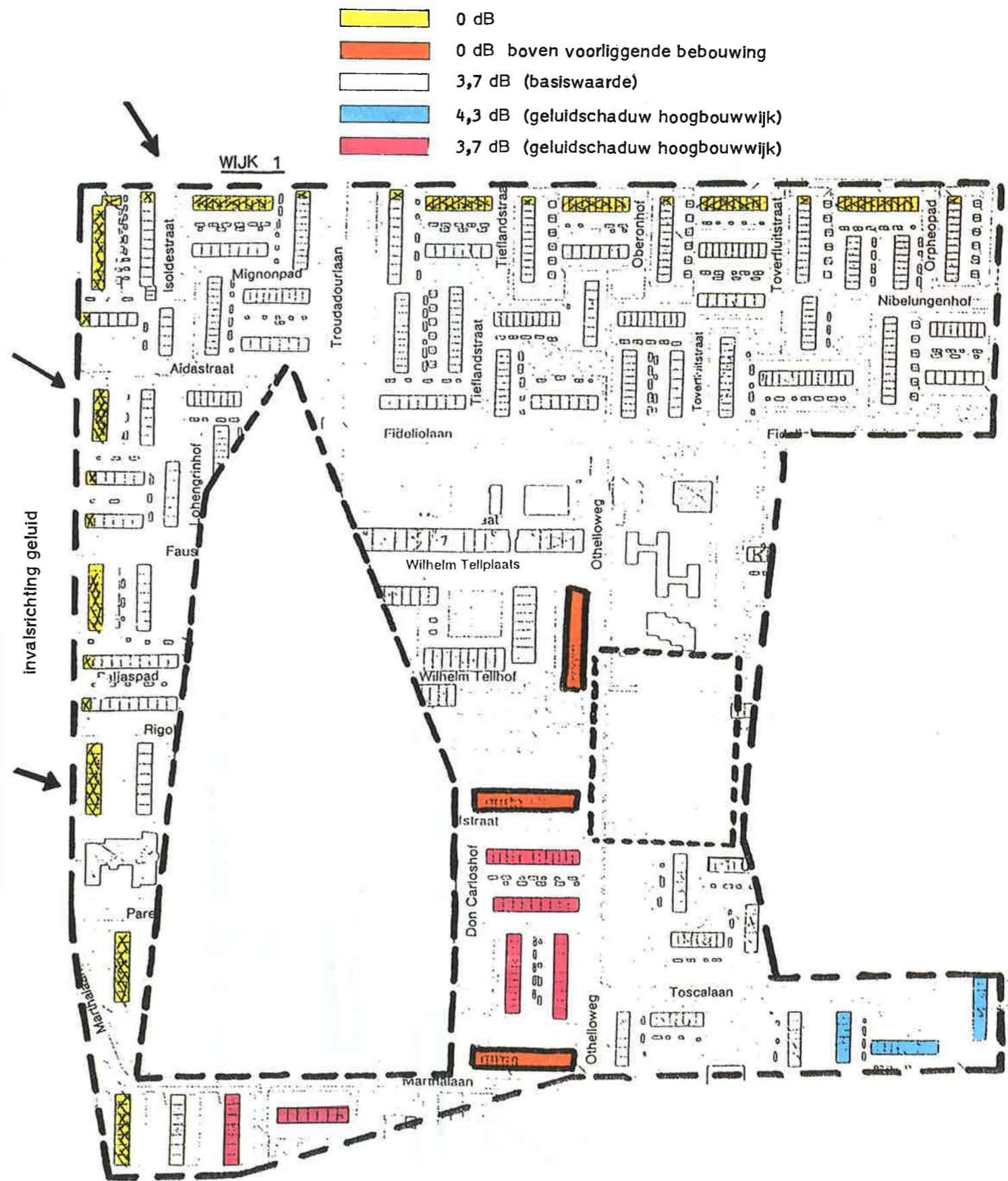


Figuur B.1







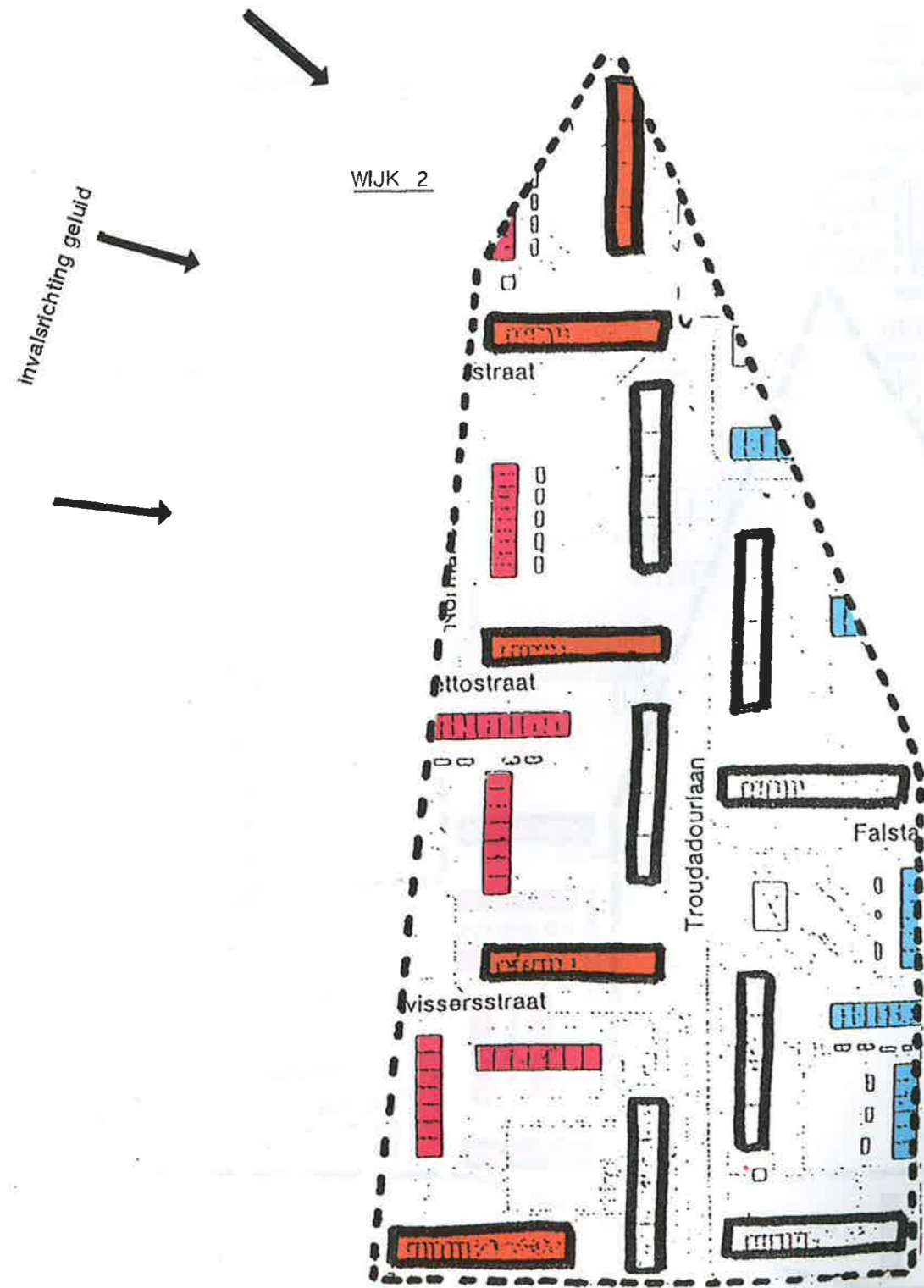
Figuur B.1

Figuur B.2





Figuur B.3

-  2,7 dB
-  woonlaag 1+2;  $D_{\text{huis}}$  voorliggende wijk 1=3,7 dB  
woonlaag 3 en hoger;  $D_{\text{huis}} = 0$  dB
-  3,7 dB geluidschaduw hoogbouw
-   $D_{\text{huis}}$  voorliggende wijk 1 3,7 dB



Figuur B.4

-  woonlaag 1 + 2;  $D_{\text{huis}}$  voorliggende wijk 1=3,7 dB  
woonlaag 3 en hoger;  $D_{\text{huis}} = 0$  dB
-  3,3 dB



De tussenstappen en de resultaten van de berekening zijn vermeld in onderstaande tabel:

	wijk 1	wijk 2 zonder laagbouw	wijk 2 met laagbouw	wijk 3
beb. dichtheid	20 %	10 %	20 %	15 %
tot. lijnl.	13500 m	3812 m	3812 m	4917 m
aant. doorsn.	183	34	59	57
kar. lengte	59 m	101 m	52 m	73 m
$D_{huis}$	3.7 dB	2.7 dB	4.0 dB	3.3 dB

#### Apart te behandelen woningen

De apart te behandelen woningen zijn in de figuren B2, B3 en B4 met kleuren aangegeven.

In figuur B2 hebben de kleuren de volgende betekenis:

1. Met geel zijn de vrij-zicht-woningen aangegeven in de eerste rij.  $D_{huis} = 0$ ;
2. Met oranje zijn de woningen aangegeven van de bovenste twee woonlagen van de hoogbouw. Ook voor deze woningen geldt  $D_{huis} = 0$ ;
3. Met blauw zijn de woningen aangegeven in de geluidschaduw van de hoogbouw in wijk 3.  $D_{huis} = 3.3 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 4.3 \text{ dB}$ ;
4. Met paars zijn de woningen aangegeven in de geluidschaduw van de hoogbouw in wijk 2.  $D_{huis} = 2.7 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 3.7 \text{ dB}$ .

In figuur B3 hebben de kleuren de volgende betekenis:

1. Oranje: zie figuur B2;
2. Met blauw zijn de woningen aangegeven in de geluidschaduw van de hoogbouw in wijk 2.  $D_{huis} = 2.7 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 3.7 \text{ dB}$ ;
3. Met paars zijn de woningen aangegeven, die aansluiten op de voorliggende wijk 1:  $D_{huis} = 3.7 \text{ dB}$ .

In figuur B4 hebben de kleuren de volgende betekenis:

1. Oranje: zie figuur B2.

### 5.3 Voorbeeld C

#### Situatie

De plattegrond is weergegeven in figuur C1. Het betreft een wijk, die grotendeels bestaat uit laagbouw met een nokhoogte van 7 tot 9 m ( $h_n = 8 \text{ m}$ ). Daarnaast is op enkele plaatsen incidentele laagbouw (één laag) aanwezig met een nokhoogte van circa 4 m en incidentele hoogbouw met een nokhoogte van circa 11 m. Binnen de wijk bevindt zich tevens een drietal grotere open ruimten (meer dan 100 m gemeten in de richting van de bron). Het geluid is afkomstig van een uitgebreide procesindustrie, die over een lengte van circa 1000 m aan de wijk grenst. De bronhoogten variëren van 3 tot 20 m en de afstanden van de bronnen tot de wijkrand variëren van 300 tot 1500 m. Twee hoge bronnen op 36 en 80 m liggen op een afstand van respectievelijk 1000 en 1500 m van de wijkrand. De invalrichting van het geluid is aangegeven met de pijlen in figuur C1.

#### Controle toepassingsbereik

- bronpositie: op de kortste bronafstand van 300 m is de maximale bronhoogte ( $h_n + 3 + r/16$ ) gelijk aan circa 29 m. De bronhoogten van 3 tot 20 m voldoen hieraan. Ook de twee apart genoemde hoge bronnen voldoen aan de eisen: op 1000 m is de maximale bronhoogte namelijk 71 m en op 1500 m: 101 m;
- homogene bebouwing: de variaties in nokhoogte en bebouwingsafstanden geven geen aanleiding tot het opsplitsen van de wijk;
- gebouwafmetingen: twee kerken voldoen niet aan de maximale gebouwafmetingen. Deze worden behandeld als incidentele hoogbouw.

### Bepaling karakteristieke lengte

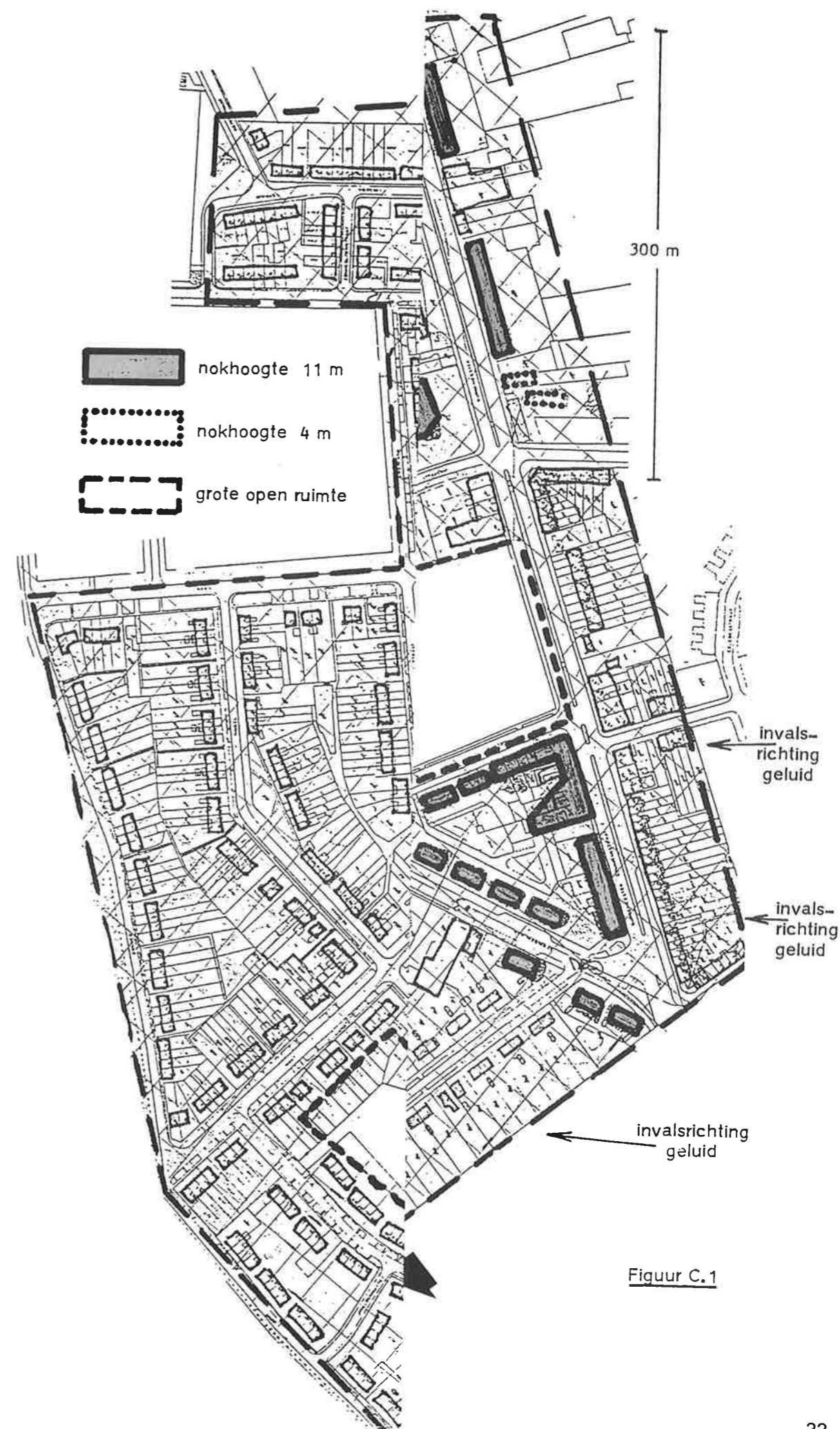
De gemiddelde gebouwafmeting is circa 30 m. Als maaswijdte van het raster is daarom gekozen 23 m (vier maal wortel 30). In figuur C1 is dit raster ingetekend. Interferentie met het stratenpatroon lijkt geen probleem te geven. Daarom wordt volstaan met deze rasteroriëntatie. De resultaten van de berekening zijn vermeld in onderstaande tabel:

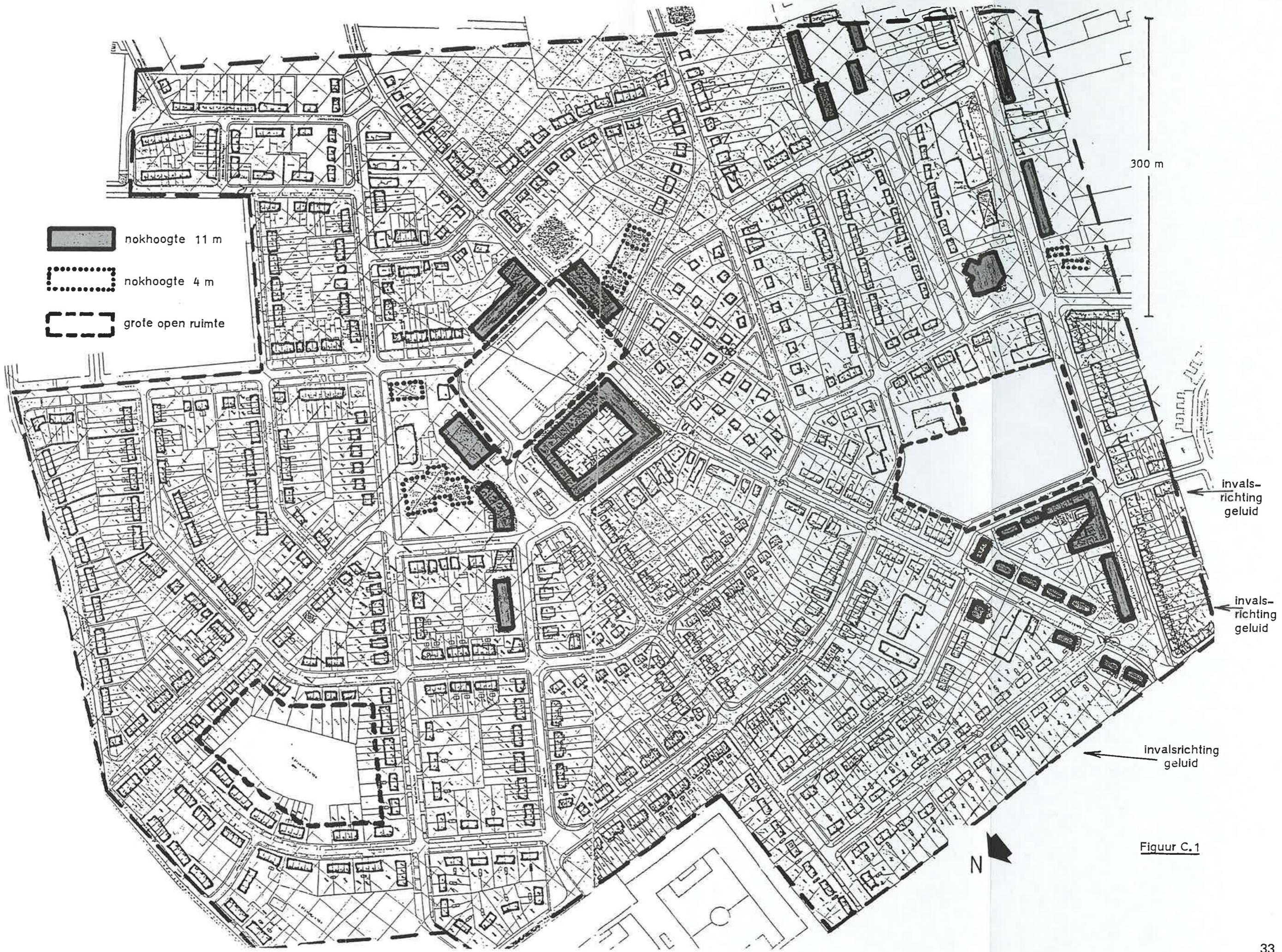
bebouwingsdichtheid	15 %
totale lijnlengte	57478 m
aantal doorsnijdingen	751
karakteristieke lengte	65 m
$D_{huis}$	3,5 dB

### Apart te behandelen situaties

De apart te behandelen woningen zijn aangegeven in figuur C2, met de volgende kleuren:

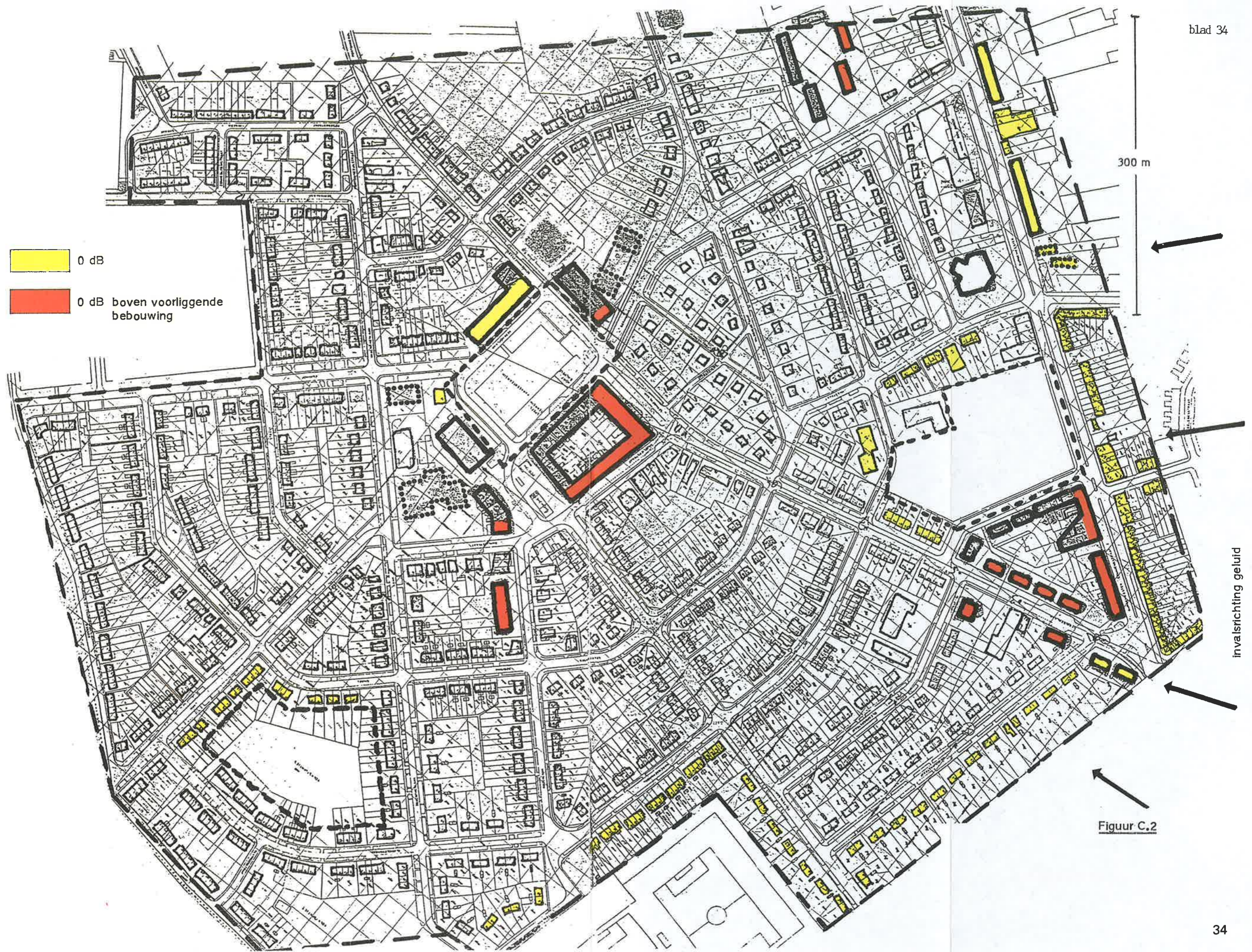
1. met geel zijn de vrij-zicht-woningen aangegeven aan de rand van de wijk, alsmede de woningen aan de overzijde van de drie grote open ruimten. Voor deze woningen geldt  $D_{huis} = 0$ ;
2. met oranje zijn de woningen aangegeven op de etages van de hoogbouw, die boven de voorliggende bebouwing uitsteken. Ook hiervoor geldt  $D_{huis} = 0$ ;
3. de incidentele hoogbouw van 11 m hoogte en de twee kerken met een hoogte van circa 20 m veroorzaken geen belangrijk extra afschermend effect op de achterliggende woningen vanwege de uitgestrektheid van de geluidbron in horizontale richtingen (geen "slagschaduw"). Het effect van deze gebouwen wordt daarom verwaarloosd.





Figuur C.1





0 dB  
0 dB boven voorliggende bebouwing

300 m

invalsrichting geluid

Figuur C.2

#### REFERENTIES

- [1] N.N. Leidraad sanering industriela-  
waai, publikatie nr. 18 van de  
reeks Milieubeheer, Ministerie  
VROM, oktober 1986
- [2] Brackenhoff, H.E.A. Handleiding Meten en Rekenen In-  
Buis, P.M. dustriela-waai, ICG-rapport  
Von Meier, A. IL-HR-13-01 (1981)
- [3] Von Meier, A. M + P rapport MVM.87.3.1 d.d.  
Blokland, G.J. van 10 aug. 1988;  
Uitbreiding van industriegeluid  
in woonwijken met betrekking tot  
sanering industriela-waai (bereke-  
ning van de verzwakkingsterm  
 $\Delta_{\text{huis}}$ ); gepubliceerd als rapport  
GF-HR-01-03 van het Ministerie van VROM.